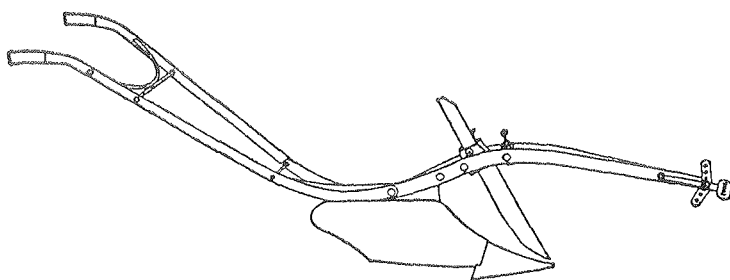




Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN --- --- JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences,
Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 38

2001

Johan Karlsson

**Fröplacering och vertikal rörelse för en
fjädrande såbill på Väderstads rapid-
såmaskin**

ISSN
ISRN

1102-6995
SLU-JB-M--38--SE

INNEHÅLL

ABSTRACT	1
SAMMANFATTNING	2
INLEDNING.....	3
BAKGRUND	3
VAD ÄR BRA FRÖPLACERING	3
SÅBILLARS KONSTRUKTION OCH ARBETSSÄTT	5
PROBLEM MED RAPIDSÅMASKINEN	7
EXAMENSARBETETS SYFTE	8
MATERIAL OCH METODER	8
RAPIDSÅMASKINEN	8
FRÖPLACERING OCH UPPKOMST VID VÅRSÅDD MED FJÄDRANDE SÅBILL.....	10
<i>Såbäddsundersökning</i>	10
<i>Fröplacering</i>	11
<i>Uppkomst</i>	11
BILLRÖRELSER	11
<i>Teknisk beskrivning av mätutrustning</i>	12
<i>Kalibrering av mätutrustning</i>	13
<i>Mätning av billrörelser</i>	14
<i>Bearbetningsbottnens jämnhet</i>	15
RESULTAT	16
FRÖPLACERING OCH UPPKOMST VID VÅRSÅDD MED FJÄDRANDE SÅBILL.....	16
<i>Såbäddsundersökning</i>	16
<i>Fröplacering</i>	16
<i>Uppkomst</i>	17
BILLRÖRELSER	17
<i>Mätning av billrörelser</i>	17
<i>Bearbetningsbottnens jämnhet</i>	19
DISKUSSION	20
FÖRSLAG PÅ FÖRBÄTTRINGAR	22
SLUTSATSER	23
REFERENSER	24
BILAGA 1	25

ABSTRACT

For good crop emergence, the seed should be placed at a depth where good conditions concerning oxygen, temperature and water are provided. To place the seed in the soil, some type of seed coulters is used. Väderstad-Verkens Rapid is a seed drill that places the seed at a certain depth in relation to a wheel running on the ground. This can lead to a too shallow seed placement. On fields with clayey soils and spring sown cereals a too shallow seed placement can lead to poor emergence, especially if there is no rainfall after seeding. To improve the ability of the Rapid drill to place the seed in moist soil, Väderstad-Verken has developed a spring-loaded coulters. This coulters, like the ordinary Rapid coulters, is placed beside a disc but it can move up and down approximately 15 mm. The idea is to make a coulters which is adjusted to follow the soil mechanical resistance and place the seed in an environment favourable for germination. The aim of this thesis was to compare the performance of the new spring-loaded coulters with the ordinary Rapid coulters.

A field experiment was carried out to investigate seed placement and germination. Oats were sown in the spring with three different coulters, one ordinary Rapid coulters and two spring-loaded coulters with different spring-forces, at three different sowing depths. In another experiment the goal was to study how the spring-loaded coulters were moving during sowing. Two linear position sensors were used to measure the movement, one on a coulters with high spring-force and one on a coulters with low spring-force. Three different working speeds and four different sowing depths were used during the test.

Compared with the ordinary Rapid coulters the spring-loaded coulters placed a higher proportion of the seeds at a correct depth. Also the plant emergence was better for the spring-loaded coulters. There was little difference in seed placement and plant emergence between the high and low spring-force coulters. The coulters with high spring-force worked deeper and with less standard deviation than the coulters with low spring-force. Both coulters worked more shallow in relation to the disc when the sowing depth or working speed was increased. The standard deviation of the coulters movements was only slightly affected by the sowing depth. The coulters movements were compared with the relief of the seedbed bottom, as measured by a laser. There was no significant relation between the coulters movements and the shape of the seedbed bottom.

The advantage of the spring-loaded coulters was that it manages to work deeper than the ordinary Rapid coulters. To make the spring-loaded coulters more able to follow the uneven bottom under the harrowed layer some changes in the design might be necessary. The coulters must be able to move more, especially downwards. The coulters should have longer pivot arm with a low pivot axis and less friction in the suspension joint. Furthermore the spring force should be adjustable. To conclude which is the best design more experiments on different prototypes are necessary.

SAMMANFATTNING

En såmaskins främsta uppgift är att placera utsädet i rätt mängd och på rätt djup. För att få ner utsädet i marken används någon typ av såbill. Oavsett vilken typ av såbill som används, måste utsädet placeras där det finns tillräckligt med syre, värme och fukt för att gro. Väderstad-Verkens rapidsåmaskin placerar utsädet på ett inställt djup i förhållande till såmaskinens bärhjul, utan att följa jordmotståndet. Detta kan leda till att utsädet hamnar lite för grunt. Vid vårsådd på lerjordar under torra förhållanden kan en för grund sådd medföra att utsädet får svårt att gro vilket leder till sämre uppkomst. För att förbättra rapidsåmaskinens förmåga att alltid placera utsädet i fuktig jord har Väderstad-Verken AB tagit fram en ny typ av såbill. Denna är liksom den vanliga rapidbillen placerad bredvid en tallrik som går på ett visst djup i förhållande till markytan. För att såbiller ska kunna röra sig är den ledat infäst och fjäderbelastad. Detta möjliggör att såbiller kan röra sig ca. 15 mm och gå djupare än den nuvarande billen som sitter fast monterad i förhållande till tallriken. Tanken är att detta ska göra såbiller mera följsam och mindre känslig för sten. Syftet med examensarbetet var att jämföra den nya fjädrande såbiller med den vanliga fasta rapidbillen.

För att undersöka fröplacering och uppkomst efter sådd lades ett försök ut på Ultuna. Försöket såddes med tre olika typer av såbiller: den vanliga typen av rapidbill, den nya typen av rapidbill med hård fjäder och den nya typen av rapidbill med lös fjäder. Dessutom kördes försöket med tre olika såddjup. För att se hur de fjädrande såbillarna rörde sig under sådd, gjordes ett kompletterande fältförsök. I detta försök användes en nykonstruerad mätutrustning bestående av lägesgivare som registrerade billrörelserna. En givare satt på en såbill med hård fjäder och en givare satt på en såbill med lös fjäder. Försöket kördes med fyra olika såddjup och med tre olika körhastigheter.

Andelen kärnor placerade på eller under bearbetningsbotten var för den vanliga rapidbillen 70 % och för den fjädrande såbiller, oavsett fjädertyp, 78 %. Även uppkomsten blev bättre med den fjädrande såbiller. Det genomsnittliga antalet plantor per m² blev för den vanliga rapidbillen 34,9 och för den fjädrande såbiller 51,5 och 55,9 för lös respektive hård fjäder. Såbiller med hård fjäder gick djupare än såbiller med lös fjäder. Standardavvikelsen för såbillens läge var lägre för såbiller med hård fjäder. Såbillarna gick djupare, i förhållande till skivan, ju grundare man sådde. Såddjupet inverkar också på standardavvikelsen, som var lägre vid 3 och 6 cm såddjup än vid 4 och 5 cm såddjup. Såhastigheten påverkade inte standardavvikelsen. Däremot blev medeldjupet för såbillarna lägre vid sådd i 12 km/h än vid sådd i 9 och 6 km/h. Medeldjupet för de båda lägre hastigheterna skiljde sig ej nämnvärt. Såbillarnas rörelser jämfördes med bearbetningsbottnens ojämnheter och sambandet däremellan visade sig vara svagt.

Den stora fördelen med den fjädrande såbiller var att den klarade av att gå ner djupare än den vanliga rapidbillen. För att den fjädrande såbiller ska bli följsam och därmed ha större möjlighet att placera utsädet på ett lämpligt djup, vore ett antal omkonstruktioner lämpliga. Såbiller måste kunna röra sig mer, framför allt neråt. Såbiller bör ha längre länkarm med lågt placerad ledpunkt och mindre friktion i infästningen. Det bör dessutom gå att justera fjäderkraften. För att verkligen kunna bestämma vilken konstruktion som skulle fungera bäst, är det nödvändigt att fler prototyper utvecklas och testas.

INLEDNING

Bakgrund

En såmaskins uppgift är i första hand att placera utsäde på rätt ställe och i rätt mängd. För att en såmaskin ska kunna placera utsädet där det har störst möjlighet att gro, används någon typ av såbill som kan tränga ner i jorden till ett lämpligt djup och placera utsädet. De ekonomiska förutsättningarna inom lantbruket har ändrats kraftigt de senaste åren och drivit på utvecklingen av allt effektivare och rationellare maskiner. Kraven på såmaskinerna har också ökat. De måste kunna placera både små och stora utsädesmängder på ett sådant sätt att kärnorna får optimala groningsbetingelser samtidigt som man önskar allt färre överfarter och en hög körhastighet. En såmaskin som idag ligger långt fram i utvecklingen är Väderstad Rapid. Rapiidsåmaskinens såsystem består av en såtallrik och en såbill. Såbilen är i nuläget fast monterad i förhållande till såtallriken som i sin tur går på ett visst djup i förhållande till bärhjulen. Den fast monterade såbilen gör att fröplaceringen, vid vårsådd, inte alltid blir optimal. I detta examensarbete har en fjädrande såbill undersökts. Hypotesen var att en fjädrande såbill skulle vara mera följsam och placera utsädet på ett för groningen lämpligare djup.

Vad är bra fröplacering

När ett frö gror ökar enzymaktiviteten och reservnäringen omvandlas till lättomsättbara energikällor, bl.a. enkla sockerarter. Energin används av fröet för att bilda en grodd, och ska räcka ända tills grodden når kompensationspunkten. Först då är bladen grönfärgade och assimilationen av solenergi räcker till för att försörja plantan. För att ett frö överhuvudtaget ska börja gro måste vissa betingelser råda. Eftersom groningen är en process då växten skaffar sig energi genom andning måste det finnas tillgång på syre. Den totala luftvolymen bör därför inte understiga 10 %. Det är också viktigt att det finns tillgång på vatten. När fröet tar upp vatten börjar enzymernas aktivitet. Denna enzymaktivitet kräver i sin tur att temperaturen ligger inom vissa gränser (Hammar & Henriksson, 1987).

Spannmål och frön lagras vid en låg vattenhalt för att de ej ska angripas av bakterier och mögelsvamp. Men för att ett frö ska börja gro krävs betydligt högre vattenhalt i fröet. Vete och korn bör t.ex. ha en vattenhalt på ca 50 % av torrsubstansen. För att fröna ska kunna ta upp så mycket vatten krävs det enligt von Polgar (1984) en vattenhalt på 8 % växttillgängligt vatten i såbädden. Även efter groningen krävs det fuktig jord omedelbart runt fröet för att rötterna ska kunna växa. Den bästa groningstemperaturen för de flesta grödor är 20-25 °C. Groningen kan visserligen börja redan vid 2-4 °C, men sker då betydligt långsammare.

Groning och uppkomst på våren är förutom ovan nämnda faktorer också väldigt beroende av såbäddens utformning. Såbädden skapas genom att bearbeta jorden en eller flera gånger med ett redskap, t.ex. en harv, så att det sker en sönderdelning och sortering av aggregaten. Samtidigt packar traktorns och eventuellt redskapets hjul såbädden, så att en fast såbotten bildas. Denna fasta såbotten är enligt Stenberg (1998) av stor betydelse och förbättrar uppkomsten av korn på lerjordar tack vare förbättrad vattentillgång. Såbädden får varken vara för djup eller för grund. Om såbädden är för djup är risken stor att utsädet hamnar uppe i den lösa och torra såbädden istället för på såbotten där rätt fuktighetsförhållanden råder eller att mycket energi och tid går åt innan plantan kommer upp. Om såbädden är för grund ger den inte tillräckligt med avdunstningsskydd, utan såbotten kan lätt torka ut (Håkansson et al., 2001). Heinonen (1985) skriver att en lämpligt tjocklek på såbäddar i Sverige, med avseende

på deras funktion som avdunstningsskydd, är 5-6 cm. Lerhalten har dock stor betydelse för vilket djup på såbädden som är optimalt. För god groning och uppkomst ska enligt Kritz (1983) jorden bearbetas så att såbotten bildas där det finns 6 viktprocent växttillgängligt vatten. Om lerhalten är lägre än 30 % finns på våren oftast denna halt växttillgängligt vatten på 2-3 cm djup. Om lerhalten däremot är högre än 30 % måste fröna placeras på ca 5,5 cm djup för att få tillräckligt med groningsfukt.

För att en såbädd ska fungera som avdunstningsskydd är aggregatstorleksfördelningen viktig. Alltför stor del aggregat mindre än 0,5 mm ökar avdunstningen p.g.a. kapillär upptransport av vatten. Om för stor del av aggregaten är större än 10 mm ökar avdunstningen kraftigt p.g.a. turbulent luftströmning i ytlagret. Även gasdiffusionen ger ett visst bidrag till avdunstningen om aggregaten är 0,5-5 mm stora (Heinonen, 1985). Håkansson och von Polgár (1984) menar att den bästa såbädden består till minst 50 % av aggregat mindre än 5 mm. Ofta är andelen aggregat större än 5 mm mer än 50 % ända ner till 1,5 cm under markytan. Dessa grova aggregat försämrar avdunstningsskyddet, men kan under vissa lägen skydda mot skorpbildning. Grova aggregat förekommer främst i jordar med omkring 40 % ler. Vid högre lerhalt blir strukturen ofta finare p.g.a. gynnsam frostverkan (Kritz, 1983). Sorteringen av såbädden vid bearbetning gynnar groning genom att små aggregat hamnar långt ner nära utsädet. Detta gör att kontakten mellan kärnan och jorden ökar.

Vid sådd placerar såmaskinen utsädet på ett visst djup och med ett visst avstånd mellan kärnorna. Under de flesta förhållanden är ett regelbundet plantavstånd bättre än ett oregelbundet. För att åstadkomma största möjliga utrymme för varje planta borde kärnorna placeras i ett bikakemönster. Av praktiska skäl förekommer dock inte denna typ av sådd, utan utsädet fördelas i rader med ett visst avstånd. I dag är ett avstånd på 12,5 cm mellan såraderna det vanliga. Tidigare har ett antal försök med olika radavstånd gjorts. Bengtsson (1972) visade att skörden minskade med 0,67 % och 0,64 % för varje cm som radavståndet ökade från 10 cm till 19 cm för vårvete respektive vårkorn. Vid radsådd finns risk för att kärnorna kommer för nära varandra i raden och därmed konkurrerar om markfukten. Därför är det vid radsådd mycket viktigt att fröplaceringen i horisontalled blir så exakt som möjligt. Försök i Finland visar att bandsådd med 7 cm breda band och med ett avstånd på 12,5 cm ökade skörden av vårvete med 9 % i jämförelse med radsådd med 12,5 cm radavstånd (Elonen et al., 1972).

Fröplaceringen i vertikalled är mycket viktig för att få god uppkomst och stor skörd. Som tidigare nämnts bör utsädet placeras där det finns tillräckligt med fukt. Detta är speciellt viktigt i lerjordar eftersom den kapillära upptransporten av vatten är begränsad och blir obetydlig på avstånd över 1 cm (Heinonen, 1975). För jordarter med större kapillär upptransport av vatten är inte exakt fröplacering lika viktigt. Om ett fält är för ojämnt på våren är det stor risk att det vid jämnningen bildas sänkor där vattenhalten, vid och under bearbetningsbotten, är för låg. Om inte såmaskinen kompenserar för detta och placerar utsädet djupare på dessa ställen, kommer uppkomsten att bli ojämn. Men det är inte bara fuktighetsförhållandena man måste ta hänsyn till vid sådd. Ju mindre fröna är och ju mindre energi de innehåller, desto närmare markytan bör de placeras för att ha möjlighet att komma upp i solljuset innan näringen tar slut. Småfröiga växter som raps och rybs med tusenkornvikter mellan 3 och 5 g, bör sås 2-3 cm djupt. Spannmål som har tusenkornvikter mellan 30 och 50 g gror bäst då de sås 3-5 cm djupt (Hammar & Henriksson, 1987).

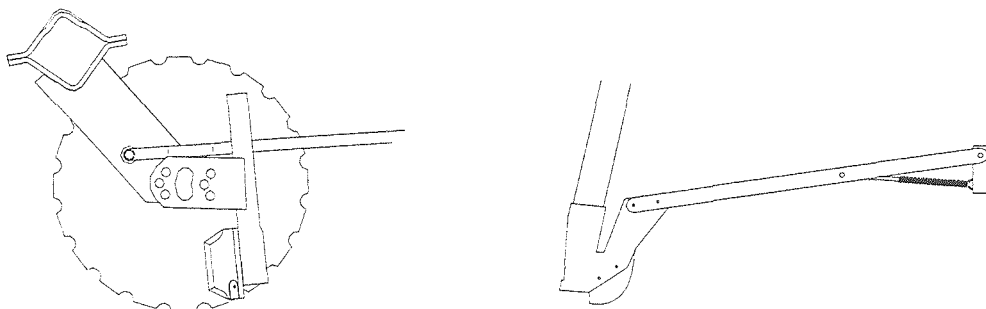
Såbillars konstruktion och arbetssätt

Det finns många olika typer av såbillar, utvecklade för att så bra som möjligt placera utsädet på ett lämpligt sätt. De vanligaste typerna av såbillar i Sverige är släpbill, rak bill och skivbill. Man kan skilja mellan två kategorier av djupreglering på såbillar. Den första kategorin är de som placerar utsädet på ett givet djup i förhållande till markytan. Dessa är oftast någon typ av skivbill. Den andra kategorin är de som följer jordmotståndet. Dessa kan vara av typen släpbill, rak bill eller skivbill, se figur 1. De flesta undersökningar av såbillar har gjorts med såbillar som följer jordmotståndet, s.k. följsamma såbillar. Under vissa betingelser är det fördelaktigt med en följsam såbill. Vid vårsådd, speciellt på lerjordar, när det kommer lite eller ingen nederbörd efter sådd är det viktigt att utsädet placeras i fuktig jord. Ibland krävs det att kärnorna hamnar på eller under bearbetningsbotten för att de ska gro. Eftersom bearbetningsbotten alltid är mer eller mindre ojämn har såbilen svårt att placera utsädet rätt.

Hur ska då en följsam såbill vara konstruerad för bästa fröplacering? Två villkor måste vara uppfyllda för att utsädet ska kunna placeras på ett speciellt djup. Först måste fåran, som såbilen gör, ha rätt djup, sedan måste fåran vara öppen tills kärnorna når fårans botten. När jorden har passerat billspetsen rinner jorden tillbaka i fåran. Denna återfyllning är beroende av en rad faktorer t.ex. hastigheten på såbilen, såbillens utformning och jordens beskaffenhet. I en lös såbädd och vid låga hastigheter åker jorden längs med såbillens sidor för att, när såbilen passerat, åter rinna ner i fåran. Vid högre hastigheter på såbilen får jorden större hastighet tvärs körriktningen och kastas därmed åt sidan istället för att åka tillbaka ner i fåran. Detta försvårar återfyllningen av fåran och det är större risk att fåran fylls med torr jord.

Hege (1949) jämförde ett stort antal såbillar med olika typer av billspetsar respektive sidoplåtar. Han kom fram till att en såbill, som var 15 mm bred ända ner till botten och med korta sidoplåtar som gick ända ner till billspetsens nederkant och dessutom hade en styrplåt i bakkanten som gjorde att kärnorna föll ner alldeles bakom billspetsen, kunde placera alla kärnorna inom ett jordlager på 1 cm vid såbillens arbetsdjup.

För att åstadkomma god fröplacering är det viktigt att kärnorna faller ner så nära billspetsen som möjligt. Ju längre bakom billspetsen kärnorna faller, desto större är risken att kärnorna hamnar i den lösa jorden som rinner in bakom såbilen, istället för att hamna på botten av fåran. Av samma anledning är det viktigt att sidoplåtarna har en viss längd bakåt så att de skyddar de nerfallande kärnorna från jorden som annars skulle strömma ner i fåran. För att spridningen av kärnorna i vertikalled inte ska bli stor bör nederkanten på sidoplåtarna inte



Figur 1. Till vänster: Väderstad Rapid skivbill, för vilken utsädet placeras på ett visst djup i förhållande till ett bärhjul (ej synligt i figuren). Till höger: Fjäderbelastad släpbill som följer jordmotståndet.

En rörlig såbills arbetsdjup bestäms av jämvikten mellan de krafter som verkar neråt på såbillen (oftast fjäderkraften och tyngdkraften) och de uppåtriktade krafterna (oftast jordmotståndet och kraften som angriper i ledpunkten) på såbillen. Såbillen är ledat infäst och kan huvudsakligen röra sig i det vertikala planet. De flesta såbillar är symmetriska och krafterna som verkar i sidled tar därför ut varandra. Tre huvudkrafter verkar på en symmetrisk såbill som inte har något speciellt djuphållningssystem, se figur 2.

- När jämvikt råder mellan dessa tre krafter går såbillen på ett visst djup. I en homogen jord skulle detta djup vara konstant. Hur stor nedåtriktad kraft på såbillen som behövs för att det ska bli jämvikt, vid en viss kraft från jorden, beror på var ledpunkten sitter. Ju längre bak och ju högre upp ledpunkten är placerad desto större nedåtriktad kraft behövs, se figur 2. När en såbill går ner i en svacka så får det samma effekt som att ledpunkten flyttas högre upp. Detta innebär att det skulle behövas en större nedåtriktad kraft på såbillen för att bibehålla djupet. Men i och med att såbillen går ner så minskar fjäderspänningen, vilket ytterligare bidrar till att såbillen inte kan bibehålla sådjupet. Istället för att utrusta en såbill som har kort länkarm, d.v.s. ledpunkten sitter långt bak, med en kraftig fjäder, kan man minska angreppsvinkeln på såbillen. Angreppsvinkeln är, om billen är under markytan, vinkeln mellan markytan och billens framkant. En minskad angreppsvinkel medför att den vertikala komponenten på kraften från jorden minskar och därmed krävs inte lika stor fjäderkraft för att bibehålla ett visst sådjup.

6

Jönsson (1993) har genom mätningar av krafter på såbillar och olika simuleringar kommit fram till följande resultat vad gäller följsamma såbillars dynamiska egenskaper. När en såbill passerar ett hinder, får den en svängningsrörelse kring arbetsdjupet vid jämvikten. Angreppsvinkeln har stor betydelse för hur snabbt en såbill kommer tillbaka till jämviktsläget efter att den släppts från markytan. En såbill med stor angreppsvinkel (130°) går ner i jorden snabbare än en med mindre angreppsvinkel ($<110^\circ$). Detta beror på att en såbill med stor angreppsvinkel måste ha en större fjäderkraft för att få samma arbetsdjup som en såbill med mindre angreppsvinkel. Även själva insvängningen mot jämviktsläget sker snabbare hos en såbill med stor angreppsvinkel. Detta beror på att svängningen hos en sådan såbill är bättre dämpad.

Dynamiken hos en såbill med 75° angreppsvinkel påverkas väldigt mycket av längden på länkarmen och var ledpunkten är placerad medan en såbill med 110 - 130° angreppsvinkel påverkas ganska lite av dessa parametrar. Detta beror på att den vertikala kraften som jorden utövar på såbillen blir liten för en såbill med 75° angreppsvinkel och därmed behövs det inte lika stor fjäderkraft för att hålla såbillen på ett visst arbetsdjup. Denna fjäderkraft blir ännu lägre om en lång länkarm används. Detta medför att såbillar med liten angreppsvinkel (75°) bör ha kort länkarm och högt placerad ledpunkt för att få bra dynamiska egenskaper.

En såbill vibrerar både horisontellt och vertikalt. De vertikala vibrationerna har stor betydelse för fröplaceringen. En såbill med kort länkarm och högt placerad ledpunkt överför mer vertikala vibrationer som kan vara negativt för såbillens prestanda. För att minska de vertikala vibrationerna bör därför en lång länkarm med lågt placerad fästpunkt användas. För att en såbill med lång länkarm och lågt placerad fästpunkt ska få bra dynamiska egenskaper är en stor angreppsvinkel på såbillen att föredra. Detta beror på att med en stor angreppsvinkel går det åt en större nedåtriktad kraft för att uppnå jämviktsläget.

För att få snabb nerträngning i jorden efter en störning är det bättre om den nedåtriktade kraften på såbillen till så stor del som möjligt utgörs av fjäderkraften och till så liten del som möjligt av egenvikten. Även Rybakov (1972) visade att dynamiken hos en såbill förbättras om vikten minskas.

En såbill med parallellförande länkarm har sämre dynamiska egenskaper, speciellt vid låga angreppsvinklar, än en såbill med enkel länkarm. Detta beror på att en parallellförande länkarm har fyra ledpunkter istället för en, vilket leder till större friktion som hindrar såbillens rörelser. Dessutom blir en parallellförande länkarm tyngre.

Försök utförda i sand utan någon fast botten visar att det är bättre med en såbill med stor angreppsvinkel. Men i en lerjord där det förekommer kokor och eventuellt sten så kan, trots att en såbill med stor angreppsvinkel fungerar bättre rent dynamiskt, en såbill med mindre angreppsvinkel (90°) vara att föredra p.g.a. att den inte är lika känslig för störningar och kräver mindre fjäderkraft.

Problem med rapidsåmaskinen

Under vissa förhållanden uppvisar rapidsåmaskinen brister i fröplaceringen. Det är framförallt vid vårsådd på lerjordar under torra betingelser som dessa brister kan bli tydliga. Problemet består i att utsädet hamnar i torr jord över den fuktiga bearbetningsbotten och därför inte kan gro. Orsaken kan vara att markytan innan sådd är ojämn. Trots att rapidsåmaskinen jämnar till

markytan, bildas det svackor fyllda med torr jord. Om dessa svackor är djupare än det inställda sådjupet, hamnar utsädet i torr jord och kan därför inte gro utan nederbörd. En annan orsak kan vara att fältet har olika jordart. Även om sådjupet är tillfredsställande på en viss del av fältet, kan sådjupet bli för litet om jordarten ändras. Detta beror på att skivbillarna har stor bärförmåga och inte skär ner lika djupt om jorden blir hårdare. Även sålådans fyllnadsgrad har betydelse för billarnas förmåga att skära ner i jorden. En fullastad rapidmaskin har en viss tendens att placera utsädet djupare än om det är lite utsäde i sålådan. Under väldigt torra förhållanden kan finjorden under såbilen, som skapas av såtallriken, försämma groningen.

Det sistnämnda problemet skulle kunna undvikas om såbilen placerades längre ner. Då skulle spetsen på såbilen gå ner i finjorden och placera utsädet närmare den fuktiga bearbetningsbotten. Det skulle dock medföra nya problem. Såbillens sidoplåtar skulle bli mer utsatta och risken att de skulle skadas vid stenpåkörningar skulle vara stor. Dessutom blir risken för att växtrester fastnar i såbilen större.

För att förbättra rapidmaskinens förmåga att alltid placera utsädet i fuktig jord har Väderstad-
verken AB tagit fram en fjädrande såbill. Den bygger på den vanliga såbilen men är, istället för att vara fast monterad i förhållande till såtallriken, ledad och fjäderbelastad. Detta möjliggör att billen kan röra sig ca 15 mm och gå djupare än den nuvarande billen. Tanken är att denna förändring ska göra såbilen mera följsam och mindre känslig för sten.

Examensarbetets syfte

Syftet med examensarbetet var att, i fältförsök, jämföra den nya fjädrande såbilen med den vanliga fasta. Skillnader i fröplacering, uppkomst och följsamhet och olika faktorerers inverkan på dessa parametrar, t.ex. körhastighet, sådjup, bearbetningsgrad och fjäderhårdhet, skulle undersökas.

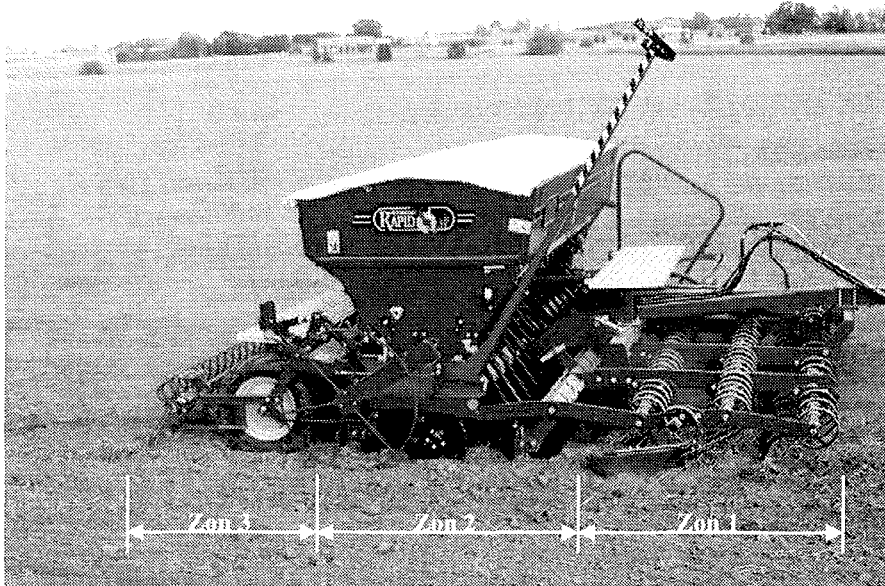
Utifrån gjorda fältförsök och tidigare studier om fröplacering och såbillars konstruktion och arbetssätt skulle slutsatser dras om den fjädrande såbillens funktion och förmåga att placera utsädet på ett, för groningen, optimalt djup. Dessutom skulle förslag på förbättringar av den fjädrande såbilen utarbetas.

MATERIAL OCH METODER

För att kunna jämföra den nya fjädrande såbilen med den vanliga fast monterade vad gäller fröplacering och uppkomst, samt för att undersöka följsamheten på den fjädrande såbilen, gjordes två olika försök. I det första försöket, fröplacering och uppkomst vid vårsådd med fjädrande såbill, undersöktes fröplacering och uppkomst både efter den fjädrande såbilen och efter den vanliga rapidbillen. I det andra försöket, billrörelser, undersöktes billrörelserna hos två fjädrande såbillar med olika hårda fjädrar.

Rapidsåmaskinen

Rapidmaskinen kan delas in i tre zoner, se figur 3. Zon 1 består av två eller tre rader med förredskap såsom harvpinnar, crossboard eller tallrikar. Förredskapen jämnar till marken, krossar kokor, luckrar och sorterar jorden. Zon 3 består av en rad med bärhjul.



Figur 3. Rapiersåmaskinen indelad i tre zoner. Zon 1 bearbetar, zon 2 myllrar gödning och sår och bärhjulen i zon 3 återpackar och styr sådjupet via ett länksystem.

Dessa hjul återpackar jorden efter sådd, krossar kokor och pressar ner sten. Efter hjulraden kommer en rad med efterharvspinnar. Dessa sorterar jorden och skapar en lucker och jämn yta, som både skyddar mot ihopslamning efter häftiga regn och mot avdunstning.

I zon 2 återfinns de, för rapidmaskinen, karakteristiska skivbillarna. Först kommer en rad med gödselbillar (kombiutförande) och därefter kommer två rader med skivbillar. Det är såbillarna på dessa skivbillar som kommer att studeras i detta arbete. Varje skivbill består av en såtallrik med en diameter av 400 mm och en såbill som, i nuläget, sitter fast monterad i ett visst läge i förhållande till såtallriken, se figur 1. Hela skivbillen är monterad i ramen på såmaskinen via en gummifjädring. Med rapidtekniken placeras utsädet på ett visst djup i förhållande till bärhjulen. Detta åstadkoms genom att den gummifjädrade skivbillen, via ett länksystem, hålls i ett visst förhållande till bärhjulen. Utsädet matas ut från sålådan via ett utmatningssystem och faller ner i rör till såbillarna. Sätallriken, som sitter något vinklad i förhållande till såriktningen, skär ner i jorden till det förinställda djupet. Då skapas en fåra i vilken såbillen kan placera utsädet. På grund av den tandade sätallriken består botten på fåran av en viss del finjord.

Såbillen består av ett rör som i nederkanten är formad till en rektangulär form med bakkanten uppskuren till en slits, se figur 4. I framkanten på den rektangulära delen sitter en spets som ligger an mot sätallriken. Såbillen är monterad så att nederkanten på spetsen befinner sig bakom centrum och ett par cm över underkanten på sätallriken.



Figur 4. Slitsen på rapidbillens bakkant.

Fröplacering och uppkomst vid vårsådd med fjädrande såbill

För att undersöka den fjädrande såbillens förmåga att placera utsädet på lämpligt djup genomfördes ett fältförsök i början av juni 2001. Försöket lades ut på Ultuna nära Uppsala. Strax intill försöket har lerhalten tidigare mätts till 37 %, och jordarten i försöket var mellanlera till styv lera med en vattenhalt på 13,3 % (vikt/vikt) vid permanenta vissningsgränsen. Den sena såtiden valdes därför att det var nödvändigt att jorden var upptorkad när försöket utfördes, och för att få en period utan nederbörd mellan sådd och uppkomst. Det är under sådana svåra betingelser som det är extra viktigt med fröplaceringen för att få en bra uppkomst. Försöket såddes den 8 juni. Under perioden 1-8 juni kom det 6,6 mm regn varav den största mängden kom i början av perioden. Mellan sådd och 25 juni, då räkning av uppkomna plantor skedde, kom det 12,5 mm utspridda i små skurar. Eftersom såbädden var mycket torr inverkade inte denna nederbörd på kärnornas groning.

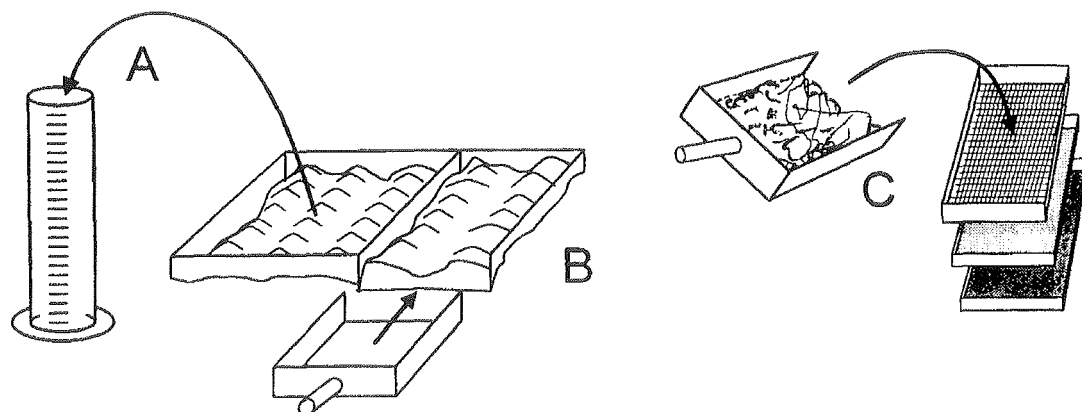
Försöket var ett split-plot trefaktoriellt försök i randomiserade block. De olika leden med respektive behandling framgår av tabell 1. De olika sådjupen ställdes in utifrån var utsädet placerades av den vanliga typen av rapidbill. Försöket var indelat i tre block. Inom varje block randomiserades två storrutor med en respektive tre harvningar. Inom varje storruta randomiserades sex smårutor där leden B-C och 1-3 kombinerades. Såmaskinen som användes var en Väderstad Rapid-300C Super med en arbetsbredd på 3 m. På maskinens vänstra sida byttes åtta av de vanliga såbillarna ut mot de nya fjädrande såbillarna. Varje småruta (3x20 m) som såddes innehöll därför både såbillar av typ B eller C och av typ A. Först såddes de smårutor där den hårda fjädern användes, sedan byttes samtliga åtta hårda fjädrar ut mot lösa fjädrar för att så resterande smårutor. Utsädet som användes vid försöket var havre. Samtliga smårutor såddes i 8 km/h.

Såbäddsundersökning

För att få en uppfattning om såbäddens egenskaper, gjordes en såbäddsundersökning den 9 juni i led B och C sådda till 3 cm. En 0,4x0,4x0,1 m stor stålram med tillhörande sidovingsram (0,25x0,4x0,1 m) placerades ut ca två meter in i försöksrutorna och pressades med handkraft ner i jorden. Inom stålramen mättes markytans högsta och lägsta punkt som ett mått på markytans ojämnheter. Därefter togs den lösa såbädden bort och såbottnen sopades ren. Bearbetningsdjupet bestämdes genom att mäta volymen jord som hade avlägsnats. Även nivåskillnaden på bearbetningsbottnen mättes. Inom sidovingsramen indelades såbädden på djupet i tre jämnstora skikt. Dessa skikt siktades genom en sikt med maskvidder på 5 och 2 mm. Materielen för såbäddsundersökningen redovisas i figur 5. För mer utförlig beskrivning av såbäddsundersökningsutrustningen hänvisas till Kritz (1983).

Tabell 1. De olika försöksleden med respektive behandling

Led	Behandling
A	Vanliga typen av rapidbill
B	Nya typen av rapidbill med hård fjäder
C	Nya typen av rapidbill med lös fjäder
1	Sådd till 3 cm djup
2	Sådd till 4 cm djup
3	Sådd till 5 cm djup
I	Harvning en gång till 4 cm djup
III	Harvning tre gånger till 4 cm djup



Figur 5. Materiel för såbäddsundersökning. A: såbäddsdjupet mäts i mätcylinder, B: såbädden delas in i tre skikt, C: de tre skikten sållas för att bestämma aggregatstorleksfördelningen.

Vattenhaltsprover togs ut i de tre skikten samt under bearbetningsbotten. Dessa prover vägdes och torkades i ugn i 105 °C i tre dygn för att därefter vägas igen så att vattenhalten (torr bas) i procent kunde beräknas.

Fröplacering

Fröplaceringen undersöktes i samtliga led. Samma stålram som vid såbäddsundersökningen placerades ut ca 4 m in i försöksrutorna. Jorden inom sidovingsramen och över bearbetningsbotten samlades upp i ett kärl tillsammans med eventuella kärnor. Sedan sopades bearbetningsbotten med en borste så kraftigt att all lös jord, som bildats där skivbillarna gått fram, och alla kärnor som fanns kvar kunde samlas upp i ett annat kärl. Därefter räknades varje kärna i de två kärlen och antalet kärnor som var placerade över respektive på eller under bearbetningsbotten användes för att räkna ut hur stor del av kärnorna som var rätt placerade. Totala antalet kärnor visade också hur jämnt såmaskinen klarade av att mata ut utsädet.

Uppkomst

Sjutton dygn efter sådden räknades antalet uppkomna plantor i försöket. I varje ruta räknades plantorna inom ett 0,5x0,5 m stort område på åtta ställen utspridda från fem till 18 meter in i försöksleden.

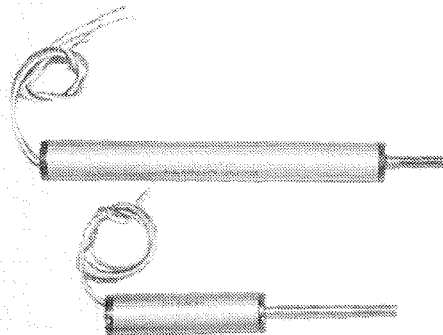
Billrörelser

För att se hur såbillens läge och rörelse påverkades av såhastighet, sådjup och fjäderkraft gjordes ett annat försök. Såbillens rörelser, i förhållande till skivan, mättes på två billar samtidigt, en med hård fjäder och en med lös fjäder. För att kunna bestämma skivans rörelse i vertikalled på de skivbillar där såbillens rörelse mättes, så mättes även skivans rörelse i förhållande till ramen på såmaskinen. De två skivbillarna som användes för mätningarna var placerade bredvid varandra och på främre såraden.

Teknisk beskrivning av mätutrustning

Skivornas rörelse mättes med två lägesgivare av typ Duncan 604 med en slaglängd på 102 mm.

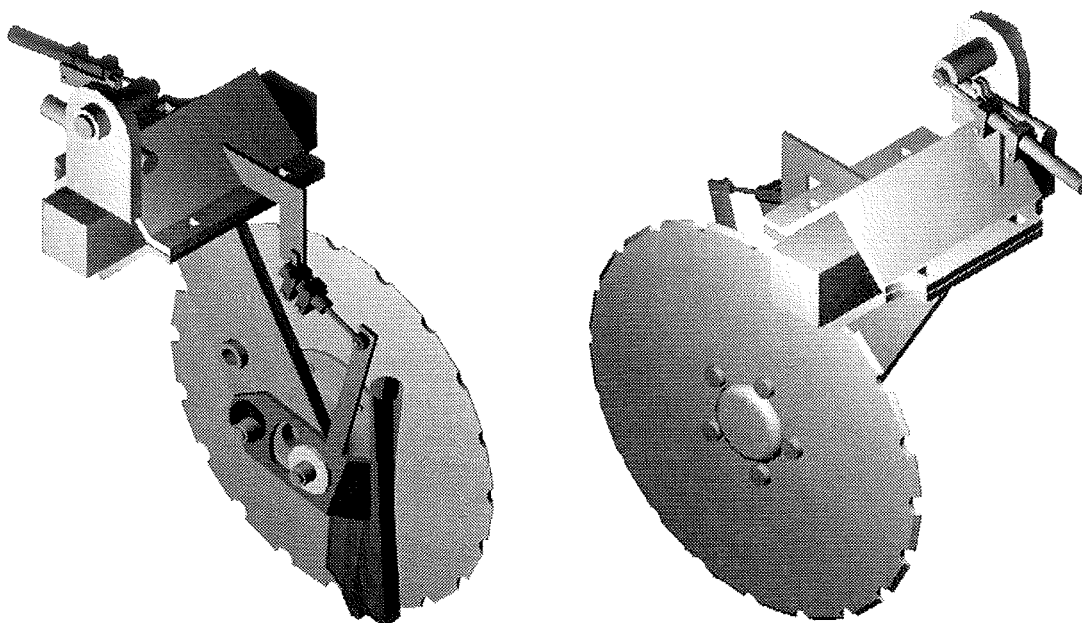
Såbillarnas rörelse mättes med två lägesgivare av typ Duncan 601 med en slaglängd på 25 mm, se figur 6 (ELFA, 2001). För att kunna mäta såbillens relativt små rörelser på ett bra och störningsfritt sätt, svetsades ett 160 mm långt stag på såbillens överkant. Lägesgivarens axel var monterad i stagets överkant med hjälp av en kulle. Själva lägesgivaren var ledat infäst på ett vinkeljärn som i sin tur var fastsvetsat på skivbillens infästning, se figur 7.



Figur 6. De två lägesgivarna, överst Duncan 604 och underst Duncan 601.

Mätutrustningens lagringsenhet var en AAC2-logger och en bärbar dator. Loggern klarade att lagra 1000 mätvärden per sekund. Eftersom fem kanaler utnyttjades samtidigt så lagrades 200 mätvärden per sekund och kanal. De fem mätenheterna var dels de fyra lägesgivarna, men även en induktiv NPN givare användes. För varje sträcka av 1,75 meter som kördes skickade denna givare en puls som registrerades av loggern. Denna puls användes sedan för att räkna ut vilken hastighet såmaskinen hade haft.

Start och stopp av mätningen styrdes av en Omron fotogivare (ELFA, 2001) och en elektrisk krets. Varannan gång fotogivaren passerade en reflektor så gick en signal till loggern som startade mätningen, och varannan gång stoppades mätningen. Kopplingsschema för mätutrustningens redovisas i bilaga 1.



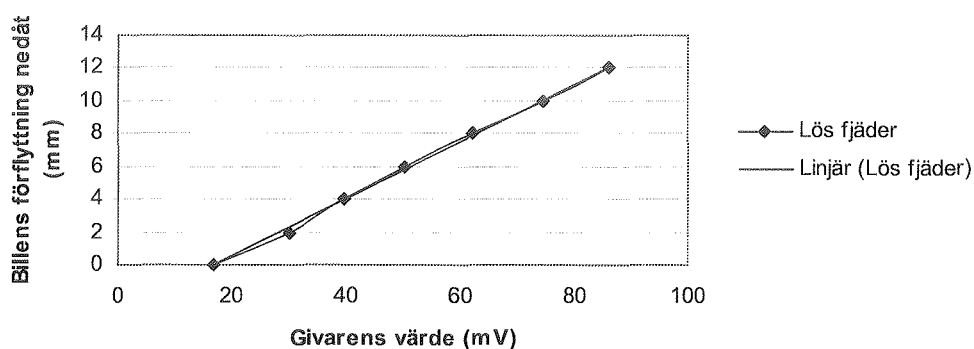
Figur 7. Principskiss på givarnas placering på skivbillen.

Kalibrering av mätutrustning

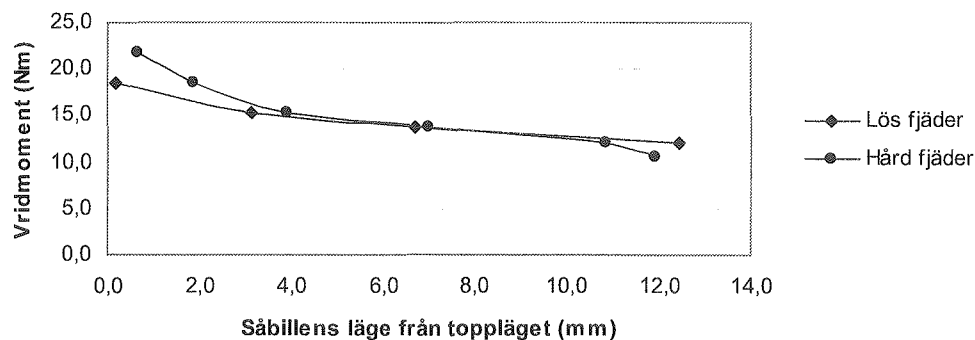
När givarna monterats på såmaskinen kalibrerades mätutrustningen för att veta hur mycket mätvärdena från givarna motsvarade i förflyttning hos skivorna och såbillarna. Såmaskinen placerades i upplyft läge och parallellt med det plana underlaget på så vis att samtliga bärhjul, förutom de två bärhjulen som styr skivbillarna som mätutrustningen var monterad på, var ca 5 cm över markplanet. Såbillens läge mättes från marken vinkelrätt upp mot spetsen på såbillen. Kalibreringen startade med såbillen så högt upp som möjligt. För varje läge på såbillen noterades ett medelvärde för 50 mätvärden från lägesgivaren. Sedan flyttades såbillen nedåt i steg om två mm tills såbillens hela rörelseområde var täckt. Sambandet mellan y, såbillens förflyttning nedåt, och x, givarens värde, var för vänster såbill (lös fjäder) $y=0,1751x-2,9717$ med $R^2=0,9986$ och för höger såbill (hård fjäder) $y=0,1669x-2,8314$ med $R^2=0,9987$. Ett exempel på det mer eller mindre linjära sambandet visas i figur 8. På motsvarande sätt bestämdes även sambandet mellan skivornas läge vid förflyttning uppåt och givarnas värde.

En kalibrering gjordes även för att få fram sambandet mellan det vridmoment som pressade såbillen neråt och lägesgivarens värde. En dynamometer fästes i såbillen så att man kunde avläsa den kraft som krävdes för att hålla såbillen i det översta läget. Både kraften och ett medelvärde av 50 mätvärden från lägesgivaren noterades. Sedan minskades kraften i jämna steg och både kraft och lägesgivarens värde noterades. Sambandet mellan vridmomenten och såbillarnas läge framgår av figur 9.

En mätning av det vridmoment som krävdes för att lyfta såbillen ur bottenläget gjordes också. Dessa vridmoment var 18,5 Nm och 28,1 Nm för såbillen med lös respektive hård fjäder.



Figur 8. Sambandet mellan y: såbills (lös fjäder) förflyttning nedåt och x: givarens värde. $y=0,1751x-2,9717$ med $R^2=0,9986$



Figur 9. Sambandet mellan y: vridmomentet som pressar såbillen nedåt (Nm) och x: såbillens läge från toppläget (mm).

Mätning av billrörelser

Mätningar av såbillarnas rörelse med ovan nämnda mätutrustning skedde den 6 september 2001. Försöksplatsen var den samma som vid fältförsöket för att studera fröplacering och uppkomst tidigare på våren. Den hade under sommaren ogräsbesprutats men i övrigt legat orörd. Såbädden som hade skapats i försöket på våren var igenslammad och strukturen i ytan bedömdes vara lika över hela försöket. Försöket var fyrfaktoriellt, de olika leden framgår av tabell 2. De olika sådjupen ställdes in utifrån var utsädet placerades av den vanliga typen av rapidbill.

Försöket var indelat i tre block. Inom varje block fanns två storrutor som den 5 september harvades en respektive tre gånger. Dessa storrutor var ej slumpade utan låg inbördes lika i alla blocken. Inom varje block randomiserades tolv smårutor där leden A-C och 1-4 kombinerades. De två storrutorna låg efter varandra i körriktningen och hade samma lottning av försöksleden d.v.s. varje småruta innehöll både en och tre harvningar. Varje småruta innehöll i sin tur både led a och b. Dessa hade alltid samma inbördes ordning.

Reflexpinnarna för start och stopp placerades så att mätningen började 2 m in i rutan och stoppades 2 m innan rutans slut. Smårutorna såddes från samma håll hela tiden.

Tabell 2. De olika försöksleden med respektive behandling

Led	Behandling
A	Sådd i 6 km/h
B	Sådd i 9 km/h
C	Sådd i 12 km/h
1	Sådd till 3 cm djup
2	Sådd till 4 cm djup
3	Sådd till 5 cm djup
4	Sådd till 6 cm djup
a	Såbill med hård fjäder
b	Såbill med lös fjäder
I	Harvning en gång till 4 cm djup
III	Harvning tre gånger till 4 cm djup

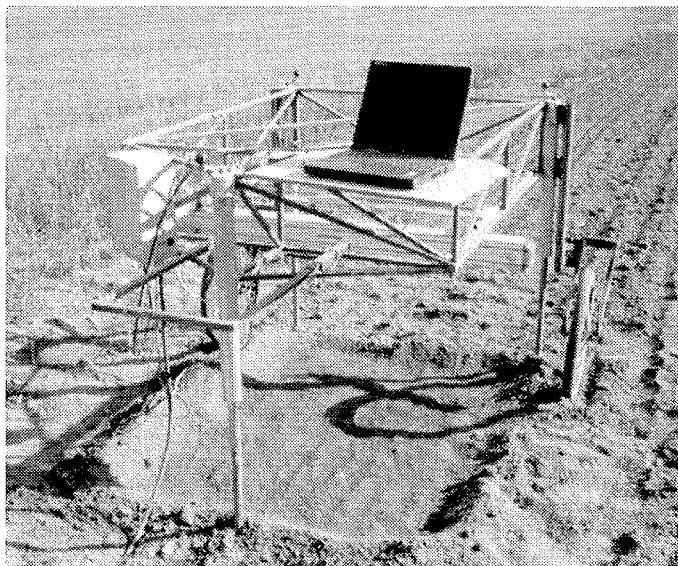
Mätningen började i storrutan där en harvning gjorts och stoppades i storrutan där det harvats tre gånger. Efter mätning i varje småruta sparades mätdata från loggern i en bärbar dator med programmet Easy view. Inga förredskap eller gödselbilar användes under försöket.

Bearbetningsbottnens jämnhet

I varje storruta mättes bearbetningsbottnens jämnhet före sådden. För mätningarna användes en utrustning som utvecklats vid avdelningen för jordbearbetning vid institutionen för markvetenskap i ett samarbete med institutionen för lantbruksteknik. Utrustningen bestod av en stålram med tre justerbara ben. I stålramen hängde en laseravståndsmätare som mätte avståndet från laserenheten ner till marken och som med hjälp av två stegmotorer kunde förflyttas i x- och y-led. Styrningen av stegmotorerna och lagringen av x, y och z-värden gjordes med en bärbar dator med ett kontrollprogram (Bölenius et al, 2001).

Bearbetningsbotten mättes före sådd inom ett 80x70 cm stort område. Harvriktningen var i y-led och den planerade såriktningen var i x-led. Upplösningen i x-led var 1 mm och upplösningen i y-led var 5 cm. Laserutrustningen placerades i mitten av storrutan och på det område som hade harvats men som inte användes för mätning av billrörelserna. När utrustningen var på plats och ramen justerats så att den stod horisontellt, borstades den lösa jorden bort från bearbetningsbotten och sedan startades mätningen, se figur 10.

Efter sådd gjordes också en mätning av bearbetningsbotten. Denna gång mättes ojämnheter vid sidan av de två såbillarna som var utrustade med utrustningen för mätning av såbillarnas rörelse. I varje led med en harvning i block 1 placerades en sticka mellan de båda såbillarna där mätningen av såbillarnas rörelse hade börjat. Efter sådden borstades den lösa jorden bort på en 1 m lång sträcka efter stickan. Därefter kunde lasermätningssystemet placeras så att mätningen kunde startas på samma ställe som mätningen av såbillens rörelser hade startats. För att få ett bra värde på ojämnheten mättes sträckan två gånger med 5 mm mellanrum och med en upplösning i x-led (såriktningen) på 1 mm.



Figur 10. Utrustning för mätning av bearbetningsbotten.

RESULTAT

Fröplacering och uppkomst vid vårsådd med fjädrande såbill

Såbäddsundersökning

Nivåskillnader i markytan och såbotten, bearbetningsdjup, vattenhalter, och aggregatstorleksfördelning vid en respektive tre harvningar redovisas i tabell 3. Det gick inte att påvisa några signifikanta skillnader mellan led som var bearbetade en respektive tre gånger.

Fröplacering

Andel kärnor som placerats på eller under bearbetningsbotten för olika såbillar, sådjup och antal harvningar framgår av tabell 4. I jämförelse med den vanliga rapidbillen var andelen rätt placerade kärnor signifikant högre, oavsett fjädertyp, för den fjädrande såbillen. Det fanns däremot inga signifikanta skillnader mellan såbillarna med hård fjäder och de med lös fjäder. Sådjupet hade också stor betydelse för fröplaceringen. Det var signifikant större andel rätt placerade kärnor vid 5 cm sådjup än vid 3 cm sådjup. Även antalet harvningar hade betydelse för fröplaceringen. Vid tre harvningar var signifikant fler kärnor placerade på eller under bearbetningsbotten än vid en harvning ($P=0,029$). Inga signifikanta samspel mellan olika faktorer kunde påvisas. Medelantalet kärnor per ruta (0,25x0,4 m) var 47,7 och standardavvikelsen var 7,0.

Tabell 3. Nivåskillnader, bearbetningsdjup, aggregatstorleksfördelning och vattenhalt i de olika skikten för en respektive tre harvningar

	Harvat en gång	Harvat tre gånger
Nivåskillnad på markytan, mm	4,3	4,5
Bearbetningsdjup, cm	4,5	4,5
Nivåskillnad på bearbetningsbotten, mm	3,5	3,8
Skikt 1:		
>5 mm, %	25,0	21,9
2-5 mm, %	31,4	32,3
<2 mm, %	43,6	45,7
Vattenhalt, % (vikt/vikt)	4,7	5,3
Skikt 2:		
>5 mm, %	15,0	13,8
2-5 mm, %	28,5	27,1
<2 mm, %	56,5	59,1
Vattenhalt, % (vikt/vikt)	7,8	9,1
Skikt 3:		
>5 mm, %	12,2	10,0
2-5 mm, %	26,5	24,6
<2 mm, %	61,3	65,3
Vattenhalt, % (vikt/vikt)	9,4	9,7
Under bearbetningsbotten:		
Vattenhalt, % (vikt/vikt)	16,0	15,4

Tabell 4. Andelen kärnor placerade på eller under bearbetningsbotten och medelantalet uppkomna plantor i en 0,5x0,5m stor ruta för olika såbillar, sådjup och antal harvningar. Värden som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda ($P<0,05$)

Led	Andelen rätt placerade kärnor, %	Antal plantor / 0,25 m ²
Vanlig rapidbill	70 b	34,9 b
Såbill med hård fjäder	78 a	55,9 a
Såbill med lös fjäder	78 a	51,5 a
Sådd till 3 cm djup	71 a	32,3 a
Sådd till 4 cm djup	75 ab	46,2 b
Sådd till 5 cm djup	79 b	61,8 c
Harvning en gång	71 a	38,6 a
Harvning tre gånger	79 b	56,2 b

Uppkomst

Resultatet av uppkomsträkningen framgår av tabell 4. Signifikanta skillnader ($P<0,0001$) både för olika såbillar och olika sådjup kunde påvisas. Uppkomsten blev signifikant bättre, oavsett fjädertyp, för den fjädrande såbillen i jämförelse med den vanliga rapidbillen. Det fanns däremot inga signifikanta skillnader mellan såbillarna med hård fjäder och de med lös fjäder. Uppkomsten vid 4 cm sådjup blev signifikant sämre än vid 5 cm sådjup men signifikant bättre än vid 3 cm sådjup. Även att harva tre gånger istället för en gav signifikant högre uppkomst ($p=0,0396$). Inga signifikanta samspel mellan olika faktorer kunde påvisas.

Billrörelser

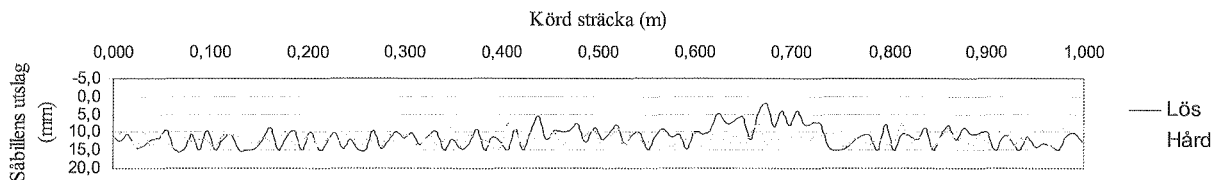
Mätning av billrörelser

Mätningarna av skivornas rörelse innehöll störningar och kunde därför inte användas. Resultaten som presenteras avser därför endast såbillarnas rörelse i förhållande till skivan. Medeldjup från såbillarnas toppläge och standardavvikelse för såbillarnas läge för olika såhastigheter, sådjup, såbillar och antal harvningar framgår av tabell 5. Det fanns signifikanta skillnader ($P<0,0001$) mellan såbillen med hård fjäder och den med lös, både vad gäller medeldjup och standardavvikelsen för såbillarnas läge. Såbillen med hård fjäder gick djupare och hade lägre standardavvikelse för såbillens läge än såbillen med lös fjäder. Det var signifikanta skillnader i medeldjup för olika sådjup ($P<0,0001$) och för olika såhastigheter ($p=0,0019$). Såbillarna gick djupare, i förhållande till skivan, ju grundare man sådde. Sådjupet inverkade också på standardavvikelsen för såbillarnas läge, som var signifikant lägre vid 3 och 6 cm sådjup än vid 4 och 5 cm sådjup. Såhastigheten påverkade inte standardavvikelsen för såbillarnas läge. Däremot blev medeldjupet för såbillarna signifikant lägre vid sådd i 12 km/h än vid sådd i 9 och 6 km/h. Medeldjupet för de båda lägre hastigheterna skiljde sig ej signifikant. Inga signifikanta samspel mellan olika faktorer kunde påvisas. Försökuppläggnings medgav inga statistiska jämförelser mellan antalet harvningar vad avser medeldjup och standardavvikelse för såbillarnas läge.

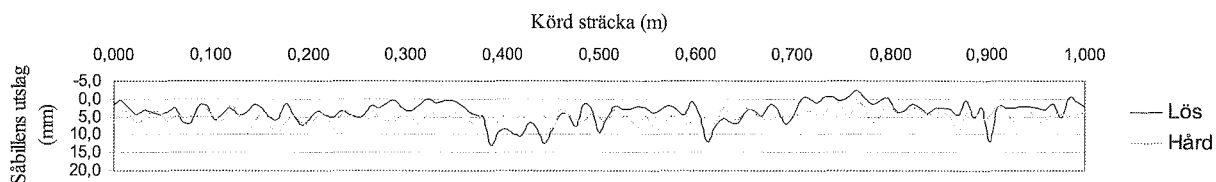
Tabell 5. Medeldjupet i mm från såbillens toppläge och standardavvikelsen för såbillens läge för olika såhastigheter, såddjup, såbillar och antal harvningar. Värderna med olika bokstäver är signifikant skilda ($P < 0,05$)

Led	Medeldjup	Standardavvikelse
Sådd i 6 km/h	8,1 a	3,5
Sådd i 9 km/h	7,7 a	3,5
Sådd i 12 km/h	6,8 b	3,5
Sådd till 3 cm djup	10,5 a	3,2 b
Sådd till 4 cm djup	8,8 b	3,8 a
Sådd till 5 cm djup	6,6 c	3,7 a
Sådd till 6 cm djup	4,2 d	3,2 b
Såbill med hård fjäder	8,3 a	3,1 a
Såbill med lös fjäder	6,8 b	3,9 b
Harvning en gång	6,6	3,6
Harvning tre gånger	8,5	3,4

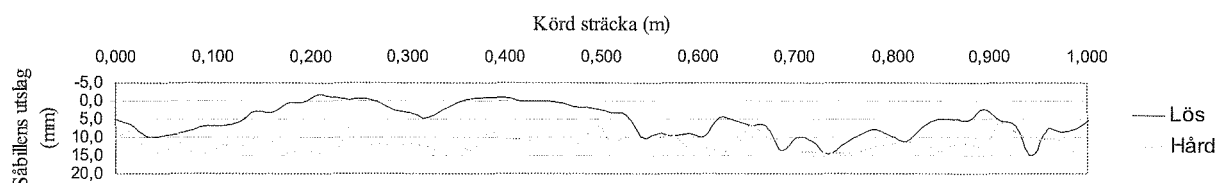
Exempel på hur såbillarna rörde sig ges i figur 11 – figur 14. Ur dessa figurer framgår att såbillarna rörde sig med en frekvens mellan 55 och 95 Hz och med en amplitud från några mm upp till ca. 10 mm. Svängningarna blev mindre påtagliga vid högre hastigheter. Såbillen med den hårdare fjädern hade en stabilare svängning och påverkades inte lika mycket av körhastighet och såddjup, den hade dessutom något högre frekvens.



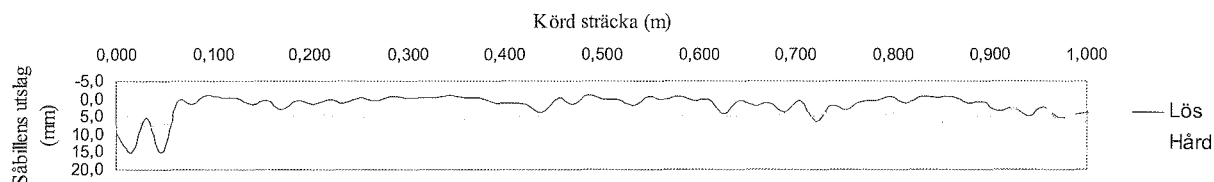
Figur 11. Sådillarnas rörelse under 1 m vid sådd till 3 cm djup och i 6 km/h.



Figur 12. Sådillarnas rörelse under 1 m vid sådd till 6 cm djup och i 6 km/h.



Figur 13. Sådillarnas rörelse under 1 m vid sådd till 3 cm djup och i 12 km/h.



Figur 14. Sábills rörelse under 1 m vid sådd till 6 cm djup och i 12 km/h.

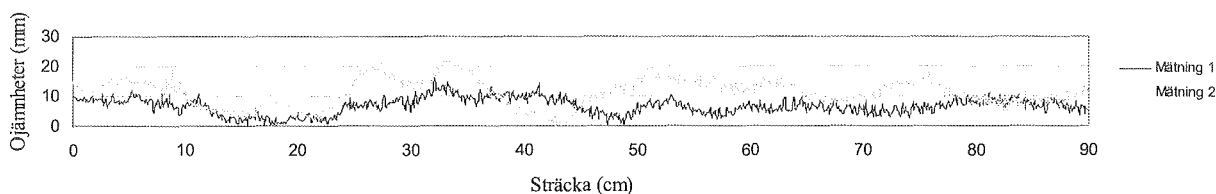
Bearbetningsbottnens jämnhet

Som ett mått på bearbetningsbottnens jämnhet före sådd beräknades medelhöjden och standardavvikelsen från lasermätningarna av bearbetningsbotten, se tabell 6. Inga signifikanta skillnader mellan en respektive tre harvningar kunde urskiljas med avseende på medelhöjden på ojämnheter eller standardavvikelsen.

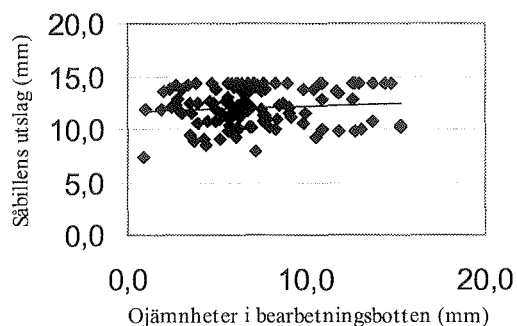
Ett exempel från mätningarna efter sådd ges i figur 15. Exempel på sábills rörelse som en funktion av ojämnheter i bearbetningsbotten visas i figur 16. Det gick inte att påvisa något samband mellan sábills rörelser och bearbetningsbottnens ojämnheter.

Tabell 6. Medelhöjden i mm och standardavvikelsen på bearbetningsbotten för en respektive tre harvningar

	En harvning	Tre Harvningar
Medelhöjd på ojämnheter	11,5	11,4
Standardavvikelse	4,9	4,6



Figur 15. Exempel på bearbetningsbottnens utseende. Figuren är baserad på data från block 1 vid sådd i 6 km/h och till 3 cm djup.



Figur 16. Sábills rörelse som en funktion av bearbetningsbottnens ojämnheter vid sådd i 6 km/h till 4 cm djup med hård fjäder. Varje punkt motsvarar ett mätvärde i x-led från en sträcka av en meter, $R^2=0,0088$.

DISKUSSION

Såbäddsundersökningen i samband med vårsådden visade att bearbetningsdjupet var 4,5 cm oavsett antal harvningar. Detta är enligt Heinonen (1985) en något tunn såbädd för att ge optimalt avdunstningsskydd på en styv lera. Andelen aggregat <5 mm var större än 50 % i alla skikten. Andelen fina aggregat ökade dock i de nedre skikten och var störst i skiktet över bearbetningsbotten. Såbädden var ur aggregatstorleksfördelning lämplig för undersökning av fröplacering och uppkomst. De svåra förhållandena med lite nederbörd innan och efter sådd, gjorde att man kunde vänta sig stora skillnader i uppkomst mellan kärnor som var placerade under bearbetningsbotten och de som var placerade över bearbetningsbotten. För optimal groning och uppkomst krävs det ca 6 viktprocent växttillgängligt vatten kring fröet (Kritz, 1983). Vattenhalten i jorden vid sådd var låg, se tabell 3, och den permanenta vissningsgränsen på jorden där försöket låg var 13,3 %. Detta innebar att det var bara under bearbetningsbotten som det fanns växttillgängligt vatten.

Efter sådden blev fåglarna ett problem. Trots stora ansträngningar att skrämma fåglarna, var det svårt att helt hålla dem borta från försöket. Fastän värdena från uppkomsträkningen var något lägre p.g.a. fåglarna, bör medelvärdena i de olika leden vara jämförbara.

Metoden för att undersöka fröplaceringen verkade till en början något osäker. Det gällde att sopa bort jorden över bearbetningsbotten på samma sätt hela tiden. I och med att tallriken gjorde en tydlig fåra i bearbetningsbotten var det ibland svårt att avgöra exakt hur mycket som skulle sopas bort. Resultaten från uppkomsträkningen och från undersökningen av fröplaceringen var relativt lika. Detta tyder på att metoden för fröplaceringsundersökningen trots allt var tillförlitlig. Den största skillnaden i resultaten var att vid uppkomsträkningen var det signifikanta skillnader mellan alla led sådda till olika djup, medan det i fröplaceringsundersökningen endast var signifikanta skillnader mellan leden sådda till 3 cm och 5 cm. Det blev signifikant bättre uppkomst och fröplacering om det var harvat tre gånger istället för en innan sådd. Led sådda med någon av de fjädrande såbillarna gav signifikant bättre resultat än led sådda med den vanliga såbillen både i uppkomsträkningen och i fröplaceringsundersökningen. Att djup sådd förbättrade fröplaceringen och uppkomsten var inte så förvånande. Eftersom såbädden var väldigt torr, var det bara kärnor som låg på eller under bearbetningsbotten som grodde. Trots att det inte blev några signifikanta skillnader mellan en och tre harvningar för någon av de undersökta parametrarna i såbäddsundersökningen blev både fröplaceringen och uppkomsten bättre för led med tre harvningar än för led med en harvning. Anledningen till detta är troligen att tre harvningar har gett något finare struktur och därigenom bättre kontakt mellan kärnorna och jorden. Denna kontakt är enligt Kritz (1983) viktig för groningsprocessen. Tre harvningar har även gett något högre vattenhalt i det nedre skikten. Dessutom ger tre harvningar en tydligare bearbetningsbotten än en harvning vilket enligt Stenberg (1998) förbättrar uppkomsten av plantor. Det kan också vara så att uppkomsten var en känsligare parameter än såbäddsegenskaperna med de metoder som användes.

De fjädrande såbillarna klarade bättre av att placera utsädet på ett, för groningen, lämpligt djup. Orsaken till detta var troligen att de fjädrande såbillarna hade möjlighet att gå ner djupare i jorden än den vanliga såbillen som är fast monterad i förhållande till tallriken. Speciellt vid sådd till 3 och 4 cm hade detta stor betydelse. Då är inte den uppåtriktade kraften som jorden påverkar såbillen med så stor (Jönsson, 1993). Även den relativt låga hastigheten (8 km/h) gjorde att fjäderkrafterna var tillräckliga för att trycka ner de fjädrande såbillarna djupare än den vanliga såbillen. Trots att vridmomentet som behövdes för att flytta såbillen ur

bottenläget var betydligt större för såbillen med den hårda fjädern (28,1 Nm) än för såbillen med den lösa fjädern (18,5 Nm), blev det inte så stor skillnad mellan vridmomenten som pressade såbillarna neråt, se figur 9. Anledningen till detta var att det var för stora friktioner i såbillarnas infästning. Friktionen hjälpte både till att hålla såbillarna nere när de pressades uppåt och att hålla dem uppe när de pressades neråt. Det var dessutom större friktion i såbillen med den hårda fjädern.

Mätutrustningen för mätning av billrörelser fungerade inte helt som det var tänkt. Mätvärdena från givarna som mätte såbillarnas rörelse var förutom ett fåtal störningar bra och fullt tillförlitliga. Mätvärdena från givarna som mätte tallrikarnas rörelse innehöll däremot för mycket störningar för att vara lämpliga att använda. Detta innebar att det inte gick att få fram såbillens rörelse som en funktion av tallrikens rörelse, eller hur tallrikens rörelse påverkades av inställt djup och körhastighet.

Körhastigheten inverkade på såbillarnas djup. Vid lägre körhastigheter klarade fjädrarna av att trycka ner såbillen till ett större djup än vid högre körhastigheter. Skillnaderna var ej signifikanta mellan 6 och 9 km/h, men vid 12 km/h gick såbillarna på ett signifikant mindre djup. Körhastigheten hade däremot ingen inverkan på standardavvikelsen för såbillens läge. Även det inställda sådjupet inverkade på såbillarnas medeldjup, med signifikanta skillnader mellan alla sådjupen. Ju större sådjup desto grundare gick såbillarna i förhållande till tallrikarna. Detta fenomen är önskvärt för en följsam såbill. Problemet var att såbillens förmåga att röra sig var för begränsad. När såmaskinsramen och därmed tallrikarna sänktes 3 cm blev medeldjupet för såbillarna bara 6,3 mm mindre. Detta tyder på att vid sådd till 3 cm klarade inte såbillarna att gå ner till bearbetningsbotten och vid sådd till 6 cm gick såbillarna väl djupt i förhållande till bearbetningsbotten. Det var signifikant högre standardavvikelser för såbillarnas läge vid sådd till 4 och 5 cm än vid sådd till 3 och 6 cm. Både ökad körhastighet och ökat sådjup gjorde att kraften från jorden på såbillen ökade. Såbillen är ej symmetrisk utan spetsen är plan på insidan och lutar snett inåt mot tallriken på utsidan. Såbillen är så monterad att spetsen på såbillen går precis emot såtallriken. Såbillens form och placering gjorde att det, utöver den vertikala och horisontella kraften som jorden utsatte såbillen för, även fanns friktion mellan tallriken och såbillen. Denna friktion gav upphov till en kraft som också hjälpte till att lyfta såbillen när tallriken snurrade.

För att säkerställa god uppkomst är det en fördel om såbillen går så djupt som möjligt i förhållande till tallriken. Utsädet har då större chans att hamna på botten av fåran som tallriken gör och därmed ha bättre tillgång på vatten. Medeldjupet hos såbillen med den hårda fjädern var större och standardavvikelsen lägre än hos såbillen med den lösa fjädern. Därmed hade såbillar med den hårda fjädern större möjlighet att placera utsädet djupt och bidra till bättre uppkomst. Tendensen vid uppkomsträkningen var också att led sådda med såbillar med hård fjäder gav något högre uppkomst. Om det inte hade varit så stora friktioner i infästningen av såbillen hade skillnaderna antagligen varit ännu större.

Metoden som användes för att ta reda på såbillarnas följsamhet var ny och ganska osäker. Det var viktigt att mätningen av såbillarnas rörelser och mätningen av bearbetningsbotten med lasern startades på samma ställe. Analysen av mätningarna och den visuella granskningen av kurvorna över såbillarnas rörelse, visade att det inte fanns något samband mellan såbillarnas rörelse och bearbetningsbottens ojämnheter. Varken såbillen med den hårda fjädern eller med den lösa fjäder var därmed följsam. Istället för att följa bearbetningsbottens ojämnheter började såbillarna att vibrera upp och ner med en relativt hög frekvens. Jönsson (1993) anger att en såbill med kort länkarm och högt placerad ledpunkt överför mer vertikala vibrationer.

För att minska vibrationerna menar han att det är bra med stor angreppsvinkel på såbillen. Detta beror på att en sådan såbill fungerar dynamiskt bättre med lång länkarm och lågt placerad ledpunkt. En nackdel med en stor angreppsvinkel (130 °) är att en sådan såbill blir känsligare för störningar i form av stenar och jordkokor. En bill med mindre angreppsvinkel (90 °) är bättre på att flytta småsten och jordkokor åt sidan och på så sätt behålla arbetsdjupet under större del av tiden.

Förslag på förbättringar

Den nya typen av fjädrande såbill har under försöken fungerat bra. Både fröplacering och uppkomst har varit bättre än för den vanliga såbillen. För att ytterligare förbättra såbillens förmåga att placera utsädet på ett optimalt sätt kan ett par omkonstruktioner vara lämpliga. Eftersom såbillen måste fungera ihop med en tallrik är det svårt att ändra spetsens utformning utan att försämra billens förmåga att gå ren. Men en konstruktion som inte gav så stor friktion mellan tallrik och såbill skulle innebära att såbillen inte påverkades lika mycket av tallriken. Såbillens sidoplåtar har en bra utformning, men en liten framåtvinklad styrplåt i bakkanten av såröret, strax ovanför slitsen, skulle troligen göra att en del kärnorna ändrade riktning. En större andel kärnor skulle då lämna såbillens utlopp precis bakom billspetsen. Detta gör enligt Möller (1975) att fröplaceringen förbättras.

Om målsättningen bara är att få ner utsädet djupare i orörd jord behövs ej så stora förändringar. Såbillen bör då vara placerad längre ner så att billspetsen kommer närmare underkanten på tallriken och för att såbillen inte ska gå sönder vid stenpåkörning behövs någon typ av stenuzlösning. Varianten med en spiralfjäder som håller ner såbillen kan fungera bra. Men eftersom den uppåtriktade kraften ökar med ökad körhastighet och ökat såddjup är det viktigt med en stark fjäder. De två olika fjädrarna som har testats i detta arbete har båda varit för kläna för att orka att hålla nere såbillen vid högre hastigheter och större såddjup. Såbillens sidoplåtar kan kapas snett uppåt bakåt så mycket som 30-40 ° utan att fröplaceringen försämras nämnvärt om de i framkanten går ända ner till billspetsen (Möller, 1975). Detta skulle medföra att sidoplåtarna inte sticker ut lika mycket utanför tallriken. Resultaten visar att det kan räcka med att såbillen går djupare i förhållande till tallriken för att få bättre uppkomst. Men en sådan konstruktion gör inte att man kommer ifrån problemen med för grund sådd eller ojämn uppkomst på grund av varierande jordart eller ojämna fält. Då krävs det istället en följsam såbill som kan röra sig mer än vad de testade såbillarna har kunnat. Det är framförallt rörelsen neråt som är för begränsad. Såbillen bör minst kunna gå ner så långt så att billspetsen är i jämnhöjd med tallrikens underkant. Först då klarar den av att placera utsädet i botten på fåran efter tallriken.

För att följsamheten ska bli bättre är det lämpligt att såbillen bör få en längre länkarm med lågt placerad ledpunkt. Detta skulle tillsammans med en något större angreppsvinkel göra att såbillen vibrerade mindre och att insvängningsförloppet mot såbillens jämviktsläget skulle gå snabbare (Jönsson, 1993). En annan viktig åtgärd är att få bort friktionen i infästningen. En stabil ledpunkt utan onödig friktion skulle förbättra dynamiken hos såbillen. Försöken visar att såbillarnas medeldjup påverkas av både hastighet och såddjup. Det skulle därför vara lämpligt om det gick att ändra fjäderkraften på ett enkelt sätt för att på så vis kunna anpassa den nedåtriktade kraften på såbillen utifrån olika förutsättningar.

SLUTSATSER

Såbäddsundersökningen visade att medelbearbetningsdjupet blev 4,5 cm och att det endast var under bearbetningsbotten som det fanns tillräckligt med fukt för groningen. Detta gjorde att det blev bättre fröplacering och uppkomst om sådjupet ökades från 3 till 5 cm. Försöken visade att oavsett vilken typ av fjäder som användes, så blev både fröplacering och uppkomst bättre med den fjädrande såbillen. Den placerade alltså utsädet djupare i förhållande till skivan än den vanliga fasta rapidbillen.

Både körhastigheten och sådjupet påverkade de fjädrande såbillarnas medeldjup. Både såbillen med lös fjäder och såbillen med hård fjäder gick högre i förhållande till tallriken om sådjupet var stort eller om körhastigheten var hög. Däremot påverkades inte standardavvikelsen för såbillarnas läge lika mycket av sådjupet och inte alls av körhastigheten.

Det var stora friktioner i de fjädrande såbillarnas infästning. Detta gjorde att vridmomentet som pressade ner såbillen med den hårda fjädern inte skiljde sig så mycket från vridmomentet som pressade ner såbillen med den lösa fjädern. Trots detta blev medeldjupet för såbillen med hård fjäder större och standardavvikelsen för såbillens läge mindre än för såbillen med lös fjäder. Skillnaderna var dock inte så stora att det blev några större skillnader i fröplacering och uppkomst mellan såbillarna med hård fjäder och såbillarna med lös fjäder. Detta kan förutom friktionen i infästningen bero på att såbillarnas rörelse var för begränsad och att såbillarna vibrerade kraftig i vertikalled. Dessa faktorer har med all säkerhet även bidragit till att det inte gick att se något samband mellan hur de fjädrande såbillarna rörde sig och ojämnheter på bearbetningsbotten. Den fjädrande såbillen följde alltså inte jordmotståndet och var därmed inte följsam.

För att ytterligare förbättra såbillens förmåga att placera utsädet i fuktig jord kan ett antal omkonstruktioner vara nödvändiga. Såbillen bör ha möjlighet att röra sig mer. Det är framförallt rörelsen neråt som är för begränsad. En annan infästning med mindre friktion skulle vara positivt för såbillens följsamhet. För att minska vibrationerna och samtidigt få ett snabbt insvängningsförlopp mot jämviktsläget bör såbillen få längre länkarm med lågt placerad ledpunkt och något större angreppsvinkel. För att bättre kunna anpassa såbillen för olika förhållanden, t.ex. olika körhastigheter eller jordarter, bör det på ett enkelt sätt gå att justera fjäderkraften. För att verkligen kunna bestämma vilken konstruktion som skulle fungera bäst, behövs det fler tester av olika prototyper.

REFERENSER

Bengtsson, A. 1972. Radavstånd och utsädesmängd för vårvete och korn. Meddelande A 160. Lantbrukshögskolan. Uppsala.

Bölenius, E. Karlsson, J. & Svensson, T. 2001. Inverkan av bearbetningstidpunkt och -metod på luckring och ytjämnhet – mätningar med laser. Meddelande från jordbearbetningsavdelningen, nr 36, Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Elonen, P. Kara, O. & Autio, L. 1972. Sowing of spring cereals in broad bands and the effect of sowing rate, rolling and irrigation on the results. Scientific agricultural society. Finland.

Hammar, O. & Henriksson, L. 1987. Vårbruk. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 362, Mark/Växter, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala

Hege, R. 1949. Die Säärbeit von drillmaschinen. Deutscher zentralverlag. Berlin.

Heinonen, R. 1975. Jordarterna och deras brukningsegenskaper. Institutionen för markvetenskap, Lantbrukshögskolan. Uppsala.

Heinonen, R. 1985. Soil management and crop water supply, 4th edition. Department of soil sciences, Swedish university of agricultural sciences. Uppsala.

Håkansson, I. Myrbeck, Å. & Etana, A. 2001. A review of seedbed preparation research in sweden. Soil & Tillage Research (in press).

Håkansson, I. & von Polgár, J. 1984. Experiments on the effects of seedbed characteristics on seedling emergence in a dry weather situation. Soil & Tillage Research, 4.

Jönsson, H. 1993. Dynamics of rigid soil-engaging implements and parts of implements. Lateral motion of soil-engaging implements and vertical motion of seed coulters. Rapport 163, Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Kritz, G. 1983. Såbäddar för vårstråsäd. En stickprovsundersökning. Rapport 65, Avdelningen för jordbearbetning, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala

Möller, N. 1975. Conventional coulters for small grain drilling. Rapport 28, Institutionen för arbetsmetodik och teknik, Lantbrukshögskolan. Uppsala.

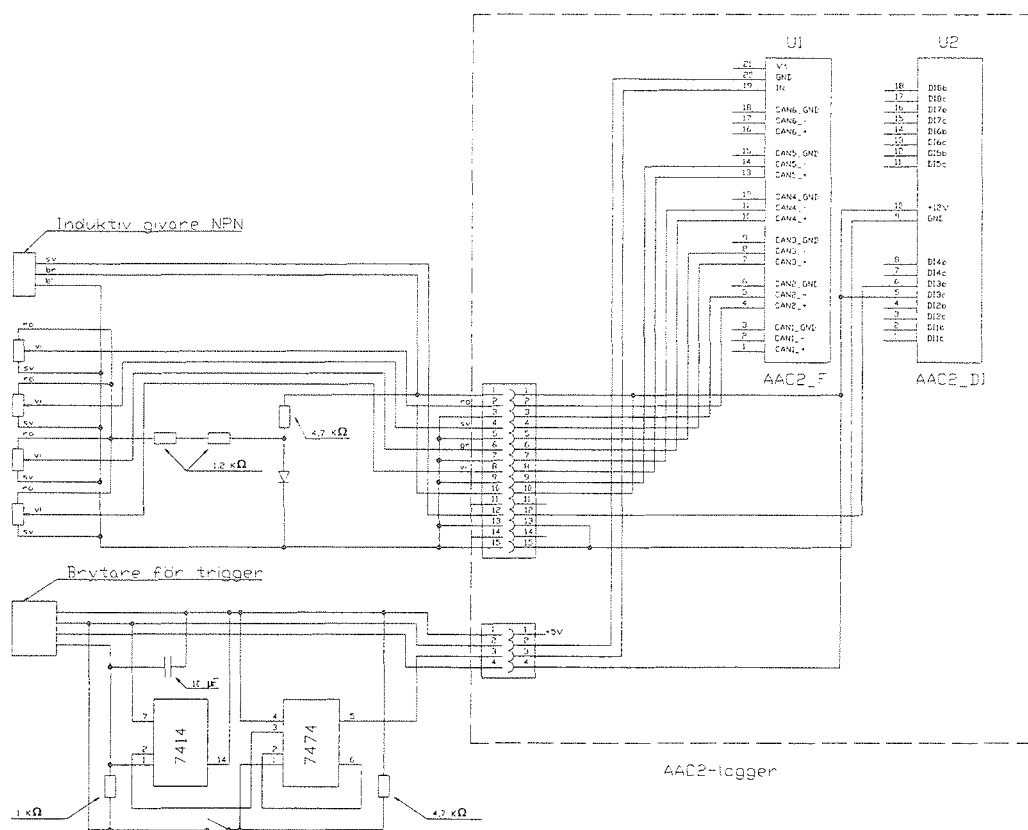
Rybakov, V.N. 1972. Influence of the operating conditions and parameters of the connecting mechanism of the stability of depth of path of a planteropener. Tractors and agricultural machinery. Auburn, Alabama.

Stenberg, M. 1998. Soil tillage influences on nitrogen conservation. Swedish university of agricultural sciences. Uppsala.

Von Polgár, J. 1984. Vältning efter vårsådd. Rapport 69, Avdelningen för jordbearbetning, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

BILAGA 1

Kopplingsschema för mätutrustning.



MEDDELANDEN FRÅN JORDBEARBETNINGSÄVDELNINGEN

Nr	År	
1	1992	Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Lena Hammarström Inge Håkansson, Tomas Rydberg, Maria Stenberg, Bo Thunholm: 1990 års jordbearbetningsförsök. 40 s.
2	1992	Mats Tobiasson: EKOODLAREN - En studie av ett kombinationsredskap för sådd och ogräshackning, utförd våren och sommaren 1991. Examensarbete. 19 s.
3	1993	Mats Tobiasson: Såbillar för reducerad bearbetning. Undersökningar av nya såbillar för odlingssystem med reducerad bearbetning, utförda 1991 och 1992. 23 s.
4	1993	Anna Borg: Flöden av kväve och fosfor i Forshällaåns avrinningsområde - beräkning av olika källors bidrag till växtnäringsläckaget. Examensarbete. 45 s. <i>Flows of nitrogen and phosphorus in the Forshällaån watershed - estimations of the contributions from different sources to the leaching of plant nutrients. 45 pp.</i>
5	1993	Thomas Grath: <i>Effects of soil compaction on physical, chemical and biological soil properties and crop production.</i> 101 pp.
6	1993	Estela Pasuquin: <i>Tillage influences on soil conditions and crop response under dry weather in the Philippines and in Sweden.</i> 62 pp.
7	1994	Hans Pettersson: Radhackning i stråsäd med ny hackutrustning. Examensarbete. 28 s. <i>Rowhoeing in cereals with new hoeing equipment. 28 pp.</i>
8	1994	Jörgen Lidström och Lars Olsson: Nya såmaskiner för reducerad bearbetning. Examensarbete. 57 s. <i>New drills for reduced tillage. 57 pp.</i>
9	1994	Sara Lindén: Tidig start och tillväxt av sockerbetor. Examensarbete. 37 s. <i>Early start and growth of sugarbeets. 37 pp.</i>
10	1994	Sasa Ristic och Tomas Rydberg. Optimering av bearbetningsintensitet och jordpackning samt studier av markfysikaliska orsaker till ojämna bestånd i oljeväxter. 13 s.
11	1994	Jennie Andersson: Vattenhaltsmätningar med TDR (time domain reflectometry) och neutronsond i försök med tidig sådd av korn. 37 s. <i>Soil moisture measurements with TDR (time domain reflectometry) and neutron probe in a field experiment of early sown barley. 37 pp.</i>

Nr	År	
12	1994	Anders Gustafsson: Totalinnehåll och djupfördelning av organisk substans i mångåriga plöjningsdjupsförsök. Examensarbete. 25 s. <i>Total content and vertical distribution of organic matter in long-term experiments with different ploughing depths. 25 pp.</i>
13	1995	Sixten Gunnarsson och Göran Kritz. Olika bearbetningssystem i potatisodlingen. 12 s. <i>Different tillage systems and potato growth. 12 pp.</i>
14	1995	Daniel Johansson: Groning och plantetablering vid låga temperaturer i kärlförsök och i fältförsök med tidig sådd. 35 s. <i>Germination and plant development at low temperature in pot and field experiments. 35 pp.</i>
15	1995	Åse Littorin Johansson: Radhackning i stråsäd. 28 s. <i>Row hoeing in cereals. 28 pp.</i>
16	1995	Johan Arvidsson: Återpackning vid sådd i plöjningsfri odling. 12 s. <i>Recompaction in ploughless tillage. 12 pp.</i>
17	1995	Inge Håkansson, Editor: <i>Reports of project works by participants in the course "Soil Tillage and Related Soil Management Practices"</i> . 73 pp.
18	1995	Johan Arvidsson & Virginius Feiza: Låga ringtryck i odling med och utan plöjning. 20 s. <i>Low inflation pressure in conventional and ploughless tillage. 20 pp.</i>
19	1995	Anna Lena Carlsson: Näring, kadmium och bakterier i hushållsavlopp - En fältstudie av ett urinsorterande avloppssystem med lecabädd i Östhammar. 50 s. <i>Plant nutrients, cadmium and bacteria in household wastewater - A field study of a urine separation system combined with a leca-filter in Östhammar. 50 pp.</i>
20	1996	Carl Blackert: Plöjningsfri odling och strukturräkning på lerjordar. Effekter på markfysikaliska egenskaper och avkastning. 29 s. <i>Ploughless tillage and structural liming on clay soils. Effects on soil physical characteristics and yield. 29 pp.</i>
21	1996	Johan Bengtson: Concorde - En utvärdering av ett redskap för harvning och sådd. 26 s. <i>Concorde - An evaluation of an implement for harrowing and sowing. 26 pp.</i>

Nr	År	
22	1996	Rickard Ivarsson: Plöjningsfri odling och strukturkalkning på lerjordar. Effekter på markbiologiska, markkemiska och markfysikaliska egenskaper, samt ogräs och skörd. 51 s. <i>Ploughless tillage and structural liming on clay soils 51 pp</i>
23	1996	Sasa Ristic: Tryck och tryckverkningar under olika traktorhjul. 24 s. <i>Soil compaction under different tractor wheels. 24 pp.</i>
24	1998	Thomas Wildt Persson: Markfysikaliska undersökningar på sockerbetsodlande gårdar. 37 s. <i>Soil physical investigations in sugar beet fields. 37 pp.</i>
25	1998	Lennart Olsson och Patrik Persson: Förändring i markvattenhalt vid odling av sockerbetor och vårstråsäd. 20 s. <i>Changes in soil water content in sugarbeet and spring-sown cereal crops.</i> 37 pp.
26	1999	John Löfkvist: Såbäddens betydelse för sockerbetans uppkomst och tillväxt. 45 s. <i>The importance of the seed bed for the emergence and growth of the sugar beet.</i> 45 pp.
27	1999	Urban Svantesson: Markfysikaliska undersökningar på sockerbetsodlande gårdar 1998. 39 s. <i>Soil physical investigations in sugar beet fields 1998.</i> 39 pp.
28	1999	Erika Sjöberg, Lennart Olsson & Patrik Persson: En modell för beräkning av markens packningskänslighet under vegetationsperioden – mätningar och simuleringar på två skånska moränjordar. 32 s. <i>A model for calculation of soil compactability during the growing period – measurements and simulations on two moraine soils in southern Sweden.</i>
29	1999	Maria Stenberg, Helena Aronsson, Tomas Rydberg, Börje Lindén och Arne Gustafson: Inverkan av olika bearbetningstidpunkter på kväve mineraliseringen under vinterhalvåret och på kväveutlakningen i odlingssystem med och utan fånggröda. Resultat 1993-1999 från fältförsök R2-8405 i Halland. 18 s. <i>Influence of early or late autumn tillage on nitrogen Mineralization and nitrogen leaching in cropping systems with and without a catch crop.</i> 18 pp.
30	1999	Åsa Myrbeck: Växtnäringsflöden och balanser på gårdar med olika driftsinriktningar – En studie av 1300 svenska gårdar. 53 s. <i>Nutrient flues and balances in defferent farming systems – A study of 1300 Swedish farms.</i> 53 pp.

Nr	År	
31	2000	Magnus Melin: Sockerbetans uppkomst och tillväxt i olika såbäddar – en parstudie. 34 s. <i>The emergence and growth of sugarbeet in different seed Beds – a pair study. 34 pp.</i>
32	2000	Annika Hamilton Malmros: I huvudet på en sockerbetsodlare – en intervjuundersökning om beslutsgrunder hos sockerbetsodlare i Skåne. 59 s. <i>In the head of a sugar-beet grower – interviews to study the basis for decision-making among sugar-beet growers in Skåne. 59 pp.</i>
33	2000	Lars Pålsson: Försök med Kvernelands såplog. 32 s. <i>Field trials with the Packomat Seeder. 32 pp.</i>
34	2001	Nina Nordström: Jordbearbetningstidpunkt på hösten – inverkan på skörd, markstruktur och kväveutlakning. 23 s. <i>Time of primary tillage in the autumn – influences on yield, soil structure and nitrogen leaching. 23 pp.</i>
35	2001	Asayesh Tawfik: Packningseffekt på korn- lupin- och lucernrötter, och rötternas effekt på vattengenomsläpplighet. 20 s. <i>Effects of soil compaction on root growth of barley, lupin and alfalfa, and the influence of roots on soil hydraulic conductivity. 20 pp.</i>
36	2001	Projektarbeten i kursen jordbearbetning och hydroteknik, maj 2001 <i>Project works in the course soil management and hydrotechnics, Maj 2001</i>
37	2001	Jonas Moberg: Långsiktiga förändringar av jordbruksmarkens fysikaliska egenskaper – en studie av 10 svenska åkermarksprofiler. 18 pp.
38	2001	Johan Karlsson: Fröplacering och vertikal rörelse för en fjädrande såbill på Väderstads rapidsåmaskin. 25 pp.